Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 1, Spring 2022, p. 15-28

Effect of Water and Potassium Fertilizer on Yield and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.) under Subsurface Irrigation Condition

B. Yousefi[1], H. R. Khazaei[2*], M. Parsa[3]

Received: 11-11-2018
Revised: 12-10-2019
Accepted: 26-10-2019

How to cite this article:
Yousefi, B., Khazaei, H. R., and Parsa, M. 2022. Effect of Water and Potassium Fertilizer on Yield and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.) under Subsurface Irrigation Condition. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (1): 15-28. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/gsc.v0i0.71123.

Introduction

Drought is the most important environmental stress that limit plant growth and crop production around the world. Long-term tension affects all metabolic processes of the plant and as a result, it often reduces plant production. On the other hand, potatoe is important for dry matter production and dietary intake and has been ranked as the fourth crop for volume of production after wheat, rice and corn. Due to water scarcity, population increase and necessity of more production of this crop, it is necessary to study the effects of water deficit on the yield and physiology and quality of potato. The purpose of this experiment was to investigate the effect of various irrigation regimes by subsoil irrigation at different depths on the potato yield and potassium effects as a damage reducer factor caused by irrigation reduction.

Materials and Methods

This experiment was conducted in 2014 at Research Farm of Faculty of Agriculture of Ferdowsi University of Mashhad. The experiment was split factorial in a randomized complete block design with three replications. In this experiment, the main plot consisted of irrigation at three levels of 100 percent irrigation (control), 80 percent and 60 percent of the required blueberries throughout the plant growth period and Sub plots consisted of two sub-surface drip irrigation systems in two levels, including drip tape in depth 7.5 cm soil layer and drip tape in depth 15 cm layer of soil and the factor of potassium fertilizer application in two levels, including 100 percent and 120 percent recommended soil test. In this research, Fontaneh, cultivar which has a better adaptability with Mashhad conditions than the other cultivars, were used for growing season and industrial market. Plant water requirement in Mashhad conditions was also determined using software (OPTIWAT). Irrigation volume during growth season to supply 100 percent water requirement was 6840 cubic meters per hectare, for 80 percent was 5742 cubic meters per hectare and for 60 percent was 4104 cubic meters per hectare. Weeding is carried out manually. The measured indexes included number of tubers per plant, tuber mean weight, tuber yield, relative water content of leaves (RWC), dry matter content, electrolyte leakage and chlorophyll content. The data were analyzed by SAS statistical program and the meanings were compared by Duncan test at 5 percent level.

Results and Discussion

The results of the experiment showed that irrigation have a significant effect on most traits. So that the highest number of tubers in the plant and the relative water content was obtained in the control treatment, namely 100 percent water requirement of potatoes, but percentage of dry matter, electrolyte leakage and chlorophyll were increased with irrigation reduction. There was a significant difference between the two drip irrigation systems in terms of gland performance, and the amount of this trait was higher in the treatment of the drip tape at 7.5 cm depth. The results of this experiment showed that there was no significant difference between two levels of potassium fertilizer in terms of most traits. In general, it can be concluded that although irrigation treatment has a significant effect on most of the studied traits, the trend of changes in the two types of drip irrigation systems used in this experiment is one.

1-PhD student in Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2-Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3-Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: h.khazaie@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v0i0.71123

Conclusion

The results of this experiment showed that reduction of irrigation water in the potato whole growth season can have a negative effect on morphological characteristics, yield and yield components compared to the full supply of water. The tuber yield decreases with decreasing irrigation volume, due to the sensitivity of the plant to soil moisture, especially at the time of tuber initiation and tuberization.

Keywords: Cell membrane stability, Drip irrigation tape, Relative water content, Tuber yield

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۲۸-۱۵

تاثیر مقدار آب و کود پتاسیم بر عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در شرایط آبیاری زیر سطحی

بهناز یوسفی[۱]، حمیدرضا خزاعی[۲*]، مهدی پارسا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۴

چکیده

سیب‌زمینی جزو گیاهان حساس به خشکی بوده و یکی از محصولات مهم و اصلی ایران به‌شمار می‌آید. از آنجایی که کشت آن همزمان با مرحله داشت و آبیاری گندم می‌باشد باید به دنبال راه‌حلی برای کاهش مصرف آب در این محصول بود. به‌منظور مطالعه تأثیر مقدار آب و مصرف کود پتاسیم بر عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی تحت شرایط آبیاری زیر سطحی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. در این آزمایش کرت اصلی شامل تیمار آبیاری در سه سطح آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۸۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی در کل دوره رشد گیاه بود و کرت فرعی شامل دو عامل سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در دو سطح شامل نوار تیپ در عمق ۷/۵ و ۱۵ سانتی‌متر عمق خاک و عامل تیمار کود شیمیایی پتاسیم در دو سطح ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد (به‌ترتیب ۵۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) به توصیه آزمایش خاک در نظر گرفته شد. نتایج آزمایش نشان داد که میزان آبیاری بر اکثر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت. به‌طوری که بیشترین میزان تعداد غده در بوته، محتوای نسبی آب برگ در تیمار شاهد حاصل شد. ولی درصد ماده خشک، نشت الکترولیت و کلروفیل با کاهش آبیاری، افزایش یافت. بین دوسیستم، تأثیر آبیاری قطره‌ای از نظرعملکرد غده نسبت به همدیگر اختلاف معنی‌داری وجود داشت و عملکرد غده در تیمار نواری در عمق ۷/۵ سانتی‌متر نسبت به نوار در عمق ۱۵ سانتی‌متر بیشتر بود. بررسی تاثیر میزان کود پتاسیم بین دو سطح کود از نظر اکثر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در کل می‌توان نتیجه گرفت که هرچند تیمار آبیاری بر اکثر صفات مورد بررسی اثر معنی‌دار داشت، اما روند تغییرات در دو نوع سیستم آبیاری قطره‌ای به‌کار رفته در این آزمایش مشابه همدیگر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پایداری سلول، آبیاری قطره‌ای، محتوای نسبی آب برگ و نشت الکترولیت

مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول در سراسر نقاط جهان است (Abedi and Pakniyat, 2010). تنش طولانی مدت بر تمام فرآیندهای متابولیک گیاه اثر می‌گذارد و در نتیجه اغلب موجب کاهش تولید گیاه می‌شود (Jafarzadeh *et al.*, 2014). شناسایی زمان بحرانی و اجرای یک برنامه دقیق و اساسی آبیاری باعث بهبود عملیات آبیاری، نگه‌داری آب و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی می‌شود (Ngouajio *et al.*, 2007). همچنین با توجه به هدف از کشت محصول، به منظور رسیدن به حداکثر عملکرد می‌توان به جای آبیاری کامل، تنها در مراحل بحرانی، از آب استفاده کرد که در این صورت تاثیر خشکی کاهش خواهد یافت (Kamkar *et al.*, 2011). سیب‌زمینی از نظر تولید ماده خشک و قرار گرفتن در جیره غذایی دارای اهمیت زیادی است و بعد از گیاهانی مانند گندم (*Triticum aestivum*)، برنج (*Oryza sativa*) و ذرت (*Zea mays*) چهارمین محصول زراعی از نظر حجم تولید می‌باشد (FAO, 2017). سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران در سال ۱۳۹۶ برابر با ۱۴۶۵۳۸ هکتار بوده است و عملکرد آن در ایران بالغ بر ۵۰۱۹۲۷۱ تن گزارش شده است (Agricultural Statistics, 2018). همچنین، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی ۵۷۹۳ هکتار و میزان تولید

۱- دانشجوی دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h.khazaie@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v0i0.71123

۱۷۳۷۷۴ تن گزارش شد (Agricultural Statistics, 2018). تمام مراحل رشد سیب‌زمینی به‌ویژه مرحله تشکیل غده آن به کمبود آب خیلی حساس است (Shock, 2004). تحت شرایط کم‌آبیاری، عملکرد سیب‌زمینی با میزان آب کاربردی رابطه خطی دارد (Shock and Feibert, 2002).

آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (SDI)[1] از جمله روش‌های آبیاری است که در دهه اخیر، در نقاط مختلف دنیا گسترش یافته است. در این روش که نوعی آبیاری قطره‌ای است، قطره‌چکان‌ها در زیر سطح خاک قرار می‌گیرند (Camp *et al*., 2000). از مزایای این روش می‌توان به کاهش تبخیر، رواناب سطحی، نفوذ عمقی و همچنین کنترل بهتر علف‌های هرز، افزایش راندمان علف‌کش‌ها و در نتیجه آن کاهش آلودگی منابع آب و خاک، در شرایط استفاده از منابع غیرمتعارف آب اشاره کرد (Oron *et al*., 1999). در آزمایشی به‌منظور مقایسه عملکرد غده‌ی سیب‌زمینی در روش آبیاری بارانی و قطره‌ای گزارش شد، برای تولید یک کیلوگرم سیب‌زمینی در روش آبیاری بارانی حدود ۰/۱۱۹ مترمکعب و در سیستم آبیاری قطره‌ای ۰/۰۵۷ مترمکعب آب مصرف شده است (Moon *et al*., 2006).

پتاسیم نقش ویژه‌ای را در حیات و بقای گیاهان تحت شرایط تنش‌های محیطی ایفا می‌کند. در شرایط کمبود پتاسیم، حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Cakmak, 2002). به‌طوری‌که در شرایط تنش، تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاهان به شدت تحریک می‌شود (Cakmak, 2005). می‌توان نیاز به پتاسیم بالا در شرایط تنش را به نقش بازدارندگی پتاسیم در مقابل تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز و اکسیده شدن NADPH نسبت داد. خسروی فر و همکاران (Khosravifar *et al*., 2008) گزارش کردند که وزن تر و عملکرد غده سیب‌زمینی با افزایش فاصله دوره‌های آبیاری و افزایش مصرف کود پتاسیم به‌ترتیب کاهش و افزایش یافتند. در آزمایشی با مطالعه اثر مقادیر مختلف پتاسیم بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی در پاکستان با مصرف ۱۳۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار، بالاترین عملکرد غده حاصل شد. در حالی‌که در تیمار ۱۵۷ کیلوگرم پتاسیم در هکتار، خصوصیات کیفی از جمله ماده خشک غده بهبود یافت (Abdul-Hannan *et al*., 2011).

با توجه به محدودیت آب، روند افزایش جمعیت و نیاز به تولید بیشتر این محصول، بررسی اثرات کمبود آب بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک و ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی ضروری می‌باشد. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری با استفاده از آبیاری زیر سطحی در عمق‌های مختلف بر روی عملکرد سیب‌زمینی و همچنین اثرات پتاسیم به‌عنوان عامل کاهش‌دهنده خسارات ناشی از کاهش آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام گرفت و نتایج آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش کرت اصلی شامل تیمار آبیاری در سه سطح آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۸۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی در کل دوره رشد گیاه بود و کرت فرعی شامل دو عامل سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در دو سطح شامل نوار تیپ در عمق ۷/۵ سانتی‌متر لایه خاک و نوار تیپ در عمق ۱۵ سانتی‌متر لایه خاک و عامل تیمار کود شیمیایی پتاسیم در دو سطح شامل مقدار ۱۰۰ درصد و ۱۲۰ درصد (به‌ترتیب ۵۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) توصیه آزمایش خاک در نظر گرفته شد. به‌منظور اجرای آزمایش عملیات تهیه زمین در اردیبهشت ماه انجام گرفت. پس از تسطیح زمین اقدام به کرت‌بندی شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف شش متری و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این تحقیق از رقم فونتانه که از نظر ویژگی دارای طول فصل رشدی میان‌رس، مقاوم به آفات و بیماری‌ها، دارای بازارپسندی خوب صنعتی و سازگاری بیشتر با شرایط مشهد نسبت به سایر ارقام را دارد، استفاده گردید. کشت گیاه در ۱۸ اردیبهشت ماه صورت گرفت، نیاز آبی گیاه نیز با استفاده از نرم‌افزار (OPTIWAT) در شرایط مشهد تعیین شد (Alizadeh and Kamali, 2007). حجم آبیاری در طی دوره کشت برای تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه ۶۸۴۰ متر مکعب در هکتار، ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه ۵۷۴۲ متر مکعب در هکتار و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه ۴۱۰۴ متر مکعب در هکتار محاسبه گردید. برای آبیاری با دور چهار روز یکبار از نوارهای آبیاری قطره‌ای دارای قطر داخلی ۱۶ میلی‌متر با فاصله خروجی‌های ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. با توجه به نتایج آزمایش خاک که در جدول ۱ ارائه شده است کود سولفات پتاسیم برای ۱۰۰ درصد پتاسیم مورد نیاز ۵۰ کیلوگرم در هکتار و برای ۱۲۰ درصد ۶۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفر (P_2O_5) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. عملیات وجین به‌صورت دستی انجام گردید. به‌منظور اندازه‌گیری میزان آب نسبی برگ در این آزمایش از روش کولمن (Coleman, 2008) استفاده

1- Subsurface Drip Irrigation

گردید. بدین منظور نمونه‌برداری در سه مرحله و بعد از ۴۰ روز پس از کاشت و از جوان‌ترین برگ کامل توسعه یافته انجام شد و محتوای نسبی برگ با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$RWC=\frac{FW-DW}{TW-DW}\times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، FW (وزن تر برگ)، DW (وزن خشک برگ) و TW (وزن برگ در حالت تورژسانس) است. جهت تعیین وزن تورژسانس برگ‌های جدا شده از بوته پس از تعیین وزن تر، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آب مقطر غوطه‌ور شد و پس از خارج شدن و خشک کردن آب سطحی توزین گردید. جهت اندازه‌گیری درصد ماده خشک، ۲۰۰ گرم غده از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و وزن شد، سپس غده‌ها خرد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون قرار گرفتند و پس از ثابت شدن وزن آن‌ها، دوباره توزین شدند (Hagman and Martenssen, 2009). از طریق تناسب وزن تر و وزن خشک غده‌ها، درصد ماده خشک غده تعیین گردید. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ توسط دستگاه دیجیتال اندازه‌گیری سطح برگ به فاصله هر دو هفته یک‌بار پس از سبز شدن بوته‌ها و با رعایت حاشیه و طی پنج مرحله انجام گردید. در هر نوبت از هر واحد آزمایشی پنج بوته که نماینده کل کرت بود، برداشت شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. شاخص کلروفیل برگ در این آزمایش با استفاده از دستگاه SPAD (مدل Minolta502) با استفاده از سه برگ انتهایی کاملاً توسعه‌یافته از ده بوته و طی پنج مرحله در طی فصل رشد (مرحله ۸۵ درصد سبز شدن، مرحله قبل از غده‌زایی، مرحله آغاز غده‌زایی، قبل از گلدهی و مرحله ۵۰ درصد گلدهی) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین درصد نشت الکترولیت ابتدا جوان‌ترین دو برگ کاملاً توسعه‌یافته از هر بوته جدا شد و در ویال‌های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر شده قرار گرفت. ارلن‌ها به مدت ۶ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت و سپس هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر (مدل Jenvay) اندازه‌گیری گردید (Sairam *et al*., 2002). بعد از رسیدن محصول به‌منظور تعیین عملکرد نهایی و اجزای عملکرد، از هر کرت آزمایشی بوته‌های موجود در سطحی معادل سه مترمربع با رعایت حاشیه برداشت گردید. داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of the experimental field

	عمق depth (cm)	شن sand (%)	سیلت silt (%)	رس clay (%)	بافت Texture	هدایت الکتریکی EC dS.m-1	اسیدیته (pH)	کربن آلی درصد Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (mg.kg-1)	پتاسیم K (mg.kg-1)	آهک درصد Lime (%)
خاک مزرعه Farm soil	0-30	36	40	24	لوم Loam	2.076	8.08	0.94	0.08	32	300	17.99
حد متعادل Balanced limit	-	40	30	30	-	5>	6-7	1.5-2	0.1-0.15	25	350	15>

نتایج و بحث

تعداد غده در بوته

در این بررسی اثر آبیاری در سطح یک درصد بر تعداد غده در بوته معنی‌دار شد. ولی اثر سیستم آبیاری قطره‌ای و کود پتاسیم معنی‌دار نشد (جدول ۲). براساس نتایج آزمایش در تیمار تامین ۶۰ درصد نسبت به دو تیمار تامین ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی تعداد غده در بوته به‌ترتیب ۵۰ و ۳۹/۵ درصد کاهش یافت. در همین راستا نتایج آزمایش قدمی فیروزآبادی و پرویزی (Ghadami Firozabadi and Parvizi, 2009) بیانگر اثر معنی‌دار میزان آب مصرفی بر تعداد غده سیب‌زمینی بود. در این تحقیق بین دو سطح کود شیمیایی پتاسیم (۱۰۰ درصد و ۱۲۰ درصد توصیه آزمون خاک) از نظر تعداد غده در بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت که این امر با نتایج تحقیقات حسینی و امینی (Hossaeini and Amini, 2013) روی سیب‌زمینی مطابقت دارد. در بسیاری از خاک‌ها مقدار کل پتاسیم قابل‌توجه است اما قسمت عمده آن به دلیل کوچک بودن بخش قابل دسترس پتاسیم نسبت به سایر شکل‌های آن در خاک قابلیت استفاده برای گیاهان را ندارد. همچنین برخی پژوهشگران معتقدند بازده جذب و استفاده از پتاسیم در سیب‌زمینی نسبت به سایر گیاهان کم‌تر بوده و به همین دلیل استفاده بیشتری از کودهای پتاسیم‌دار نسبت به بقیه محصولات صورت می‌گیرد (Stengrobe *et al*., 2000).

متوسط وزن غده

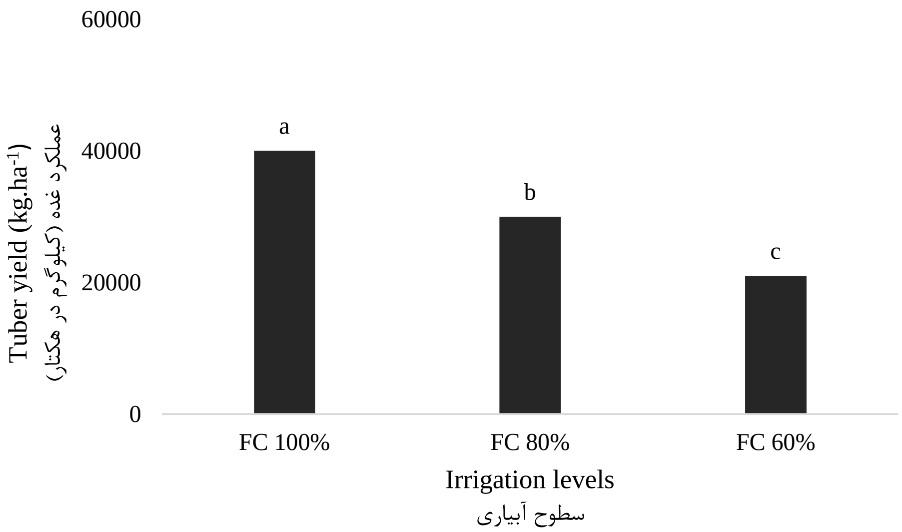
نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که هیچ‌یک از تیمارهای مورد بررسی (میزان آبیاری، سیستم آبیاری قطره‌ای و کود شیمیایی پتاسیم) و اثر متقابل آن‌ها بر میزان متوسط وزن غده‌ها تأثیر

معنی‌داری نداشته‌اند (جدول ۲). در مطالعه‌ای اثر رژیم‌های مختلف و روش‌های متفاوت آبیاری بر عملکرد سیب‌زمینی برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ در ترکیه بررسی شد، در آزمایش انجام شده دو سیستم آبیاری قطره‌ای و سیستم فارو با سه رژیم آبیاری (دوره‌های آبیاری براساس مصرف ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد آب قابل دسترس گیاه) استفاده شد. نتایج نشان داد که تفاوت وزن غده در دو سیستم آبیاری معنی‌دار نیست (Tolga *et al.*, 2005). نتایج تحقیق باغانی و همکاران (Baghani *et al.*, 2012) نیز نشان داد که بین دو سیستم قطره‌ای نوار تیپ در عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر از نظر میانگین وزن غده‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

عملکرد غده

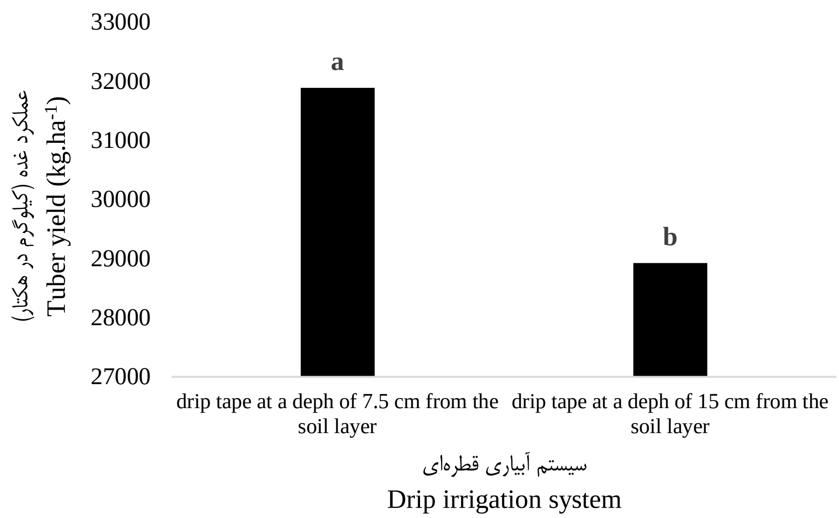
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری (در سطح یک درصد) و نوع سیستم آبیاری قطره‌ای (در سطح ۵ درصد) بر روی شاخص عملکرد غده معنی‌دار بود ولی هیچ‌کدام از اثرات متقابل معنی‌دار نبودند (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده از جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد) به میزان ۴۰۶۱۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار تامین ۶۰ درصد نیاز آبی ۲۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). تنش آبی به‌عنوان یک عامل محدودکننده تولید سیب‌زمینی شناخته شده است که عملکرد آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. زمانی‌که سیب‌زمینی با تنش خشکی مواجه می‌شود موجب کاهش سرعت رشد گیاه خواهد شد و در نتیجه تاج پوشش گیاه از رشد کمی برخوردار شده و کوچک می‌ماند. در آزمایشی که حسینی و امینی (Hossaeini and Amini, 2013) بر روی سیب‌زمینی تحت شرایط خشکی انجام دادند بیان داشتند هرچه آب بیشتری برای گیاه تأمین شود عملکرد غده‌ها افزایش می‌یابد و با افزایش میزان تنش، عملکرد کاهش یافت به‌طوری‌که عملکرد در دور آبیاری ۱۲ و ۱۸ روزه نسبت به دور آبیاری شش روزه به‌ترتیب ۵/۲ و ۲۷/۳ درصد کاهش یافت. این موضوع با نتایج تحقیقات اخوان و همکاران (Akhavan *et al.*, 2007) روی سیب‌زمینی مطابقت دارد. در این آزمایش حداکثر عملکرد سیب‌زمینی مربوط به تیمار آبیاری ۱۲۵ درصد و حداقل عملکرد مربوط به تیمار آبیاری ۷۵ درصد بود.

همچنین، نتایج مقایسه میانگین حاصل از داده‌ها نشان داد بیشترین میزان عملکرد غده در سیستم‌های آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای با عمق ۷/۵ سانتی‌متر در خاک با میانگین ۳۱۸۹۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کمترین مقدار در سیستم آبیاری قطره‌ای با عمق ۱۵ سانتی‌متر به‌میزان ۲۸۹۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۲). در همین راستا در آزمایشی که توسط پاتل و راجپوت (Patel and Rajput, 2007) در خاک شنی لومی بر روی سیب‌زمینی انجام شد، اثر عمق نصب کارگذاری نوار تیپ بر عملکرد غده معنی‌دار بود و به‌طور کلی اعلام کردند که عمق نصب نوارهای آبیاری قطره‌ای به نوع خاک و گیاه بستگی دارد. علت این وابستگی را می‌توان ناشی از خصوصیات بافت خاک‌ها دانست که در مقدار سطح خیس شده و یا به عبارتی نشت آب در خاک تاثیرگذار است. و همچنین با سطح گسترش ریشه‌های گیاهان که با یکدیگر تفاوت دارند، مرتبط هستند.



شکل ۱- اثر آبیاری بر عملکرد غده (FC100%: ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد. FC 80%: ظرفیت زراعی ۸۰ درصد. FC 60%: ظرفیت زراعی ۶۰ درصد.) (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 1- Effect of irrigation on tuber yield (FC100%: 100% field capacity. FC 80%: 80% field capacity. FC 60%: 60% field capacity) (Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level)

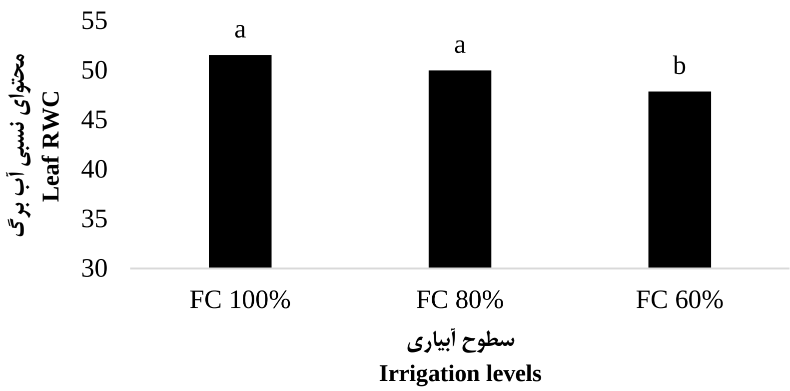


شکل ۲- اثر سیستم‌های آبیاری بر عملکرد غده (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 2- The effect of irrigation systems on tuber yield (Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level)

محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی آبیاری در سطح یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد و دیگر اثرات معنی‌دار نبودند (جدول ۲). براساس نتایج آزمایش با کاهش میزان آبیاری، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌میزان ۵۱/۵۳ درصد و کمترین میزان هم در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (شکل ۳). کاهش نسبی آب برگ می‌تواند به دلیل کاهش درصد رطوبت خاک و به تبع آن کاهش پتانسیل آب برگ در اثر افزایش شدت تنش خشکی باشد. در همین راستا در تحقیقی که توسط مطلبی فرد و همکاران (Motalebi Fard *et al.*, 2014) صورت گرفت نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش کمبود آب مقدار نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد کاهش یافت. این موضوع را می‌توان به کاهش حجم آبیاری نسبت داد. در کل بررسی‌های زیادی نشان می‌دهد که هنگامی که برگ‌ها در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، کاهش زیادی در محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب خود، نشان می‌دهند (Decov *et al.*, 2000; Shaw *et al.*, 2002; Nayyar and Gupta, 2006).



شکل ۳- اثر آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ (FC100%: ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد. FC 80%: ظرفیت زراعی ۸۰ درصد. FC 60%: ظرفیت زراعی ٦۰ درصد.). (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

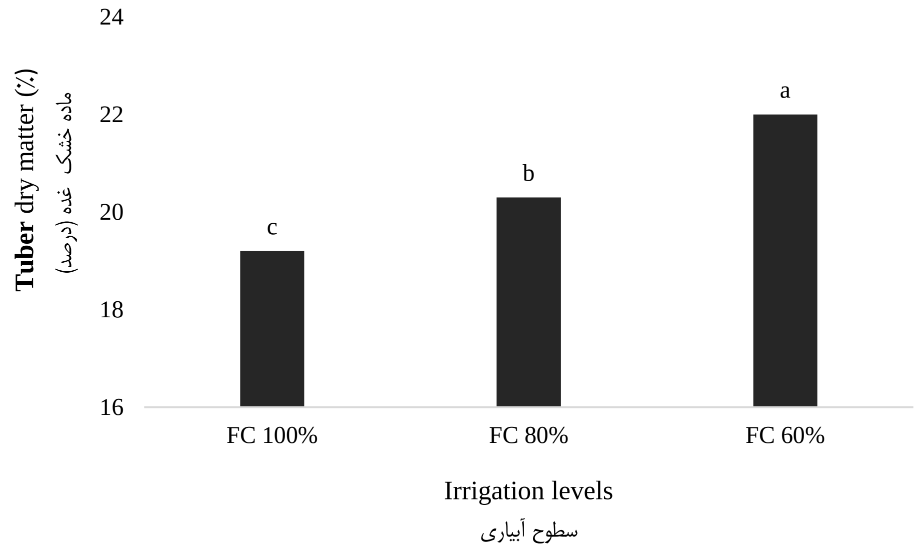
Figure 3- Effect of irrigation on Leaf RWC (FC100%: 100% field capacity. FC 80%: 80% field capacity. FC 60%: 60% field capacity) (Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level)

درصد ماده خشک

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد شاخص درصد ماده خشک فقط تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). با کاهش آبیاری درصد ماده خشک افزایش یافت. بیشترین درصد ماده خشک برای تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین ۲۲/۰۸ درصد به‌دست آمد و کمترین میزان هم در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌میزان ۱۹/۱۲ درصد گزارش شد (شکل ۴). در کل میزان ماده خشک سیب‌زمینی صفتی ژنتیکی بوده و تحت تأثیر وراثت و ویژگی‌های رقم قرار می‌گیرد، اما براساس نتایج حاصله از این آزمایش و معنی‌دار شدن اثر تیمار آبیاری، می‌توان اظهار نمود که درصد ماده خشک غده می‌تواند تحت تأثیر تنش آبی و تغییرات آن نیز قرار گیرد. در همین راستا در آزمایشی به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد کمی و کارایی مصرف آب کلون‌های سیب‌زمینی، نتایج تجزیه مرکب واریانس داده‌های حاصل از دو سال اجرای آزمایش نشان داد که بیشترین میزان درصد ماده خشک غده در تیمار آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد (Ghadami Firozabadi and Parvizi, 2009).

نشت الکترولیت

بر اساس نتایج حاصله از تجزیه واریانس داده‌ها شاخص نشت الکترولیت تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده از جدول مقایسه میانگین نشان داد با کاهش آبیاری میزان نشت الکترولیت افزایش یافت. بیشترین میزان نشت الکترولیت در ظرفیت زراعی ۶۰ درصد و به میزان ۳۹/۲ به‌دست آمد. همچنین کمترین میزان نشت الکترولیت در تیمار شاهد و با میانگین ۳۳/۸ به‌دست آمد (شکل ۵). محدودیت آب و تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و در نتیجه افزایش نشت الکترولیت و کاهش پایداری غشای سلول می‌شود. آروین و دونلی (Arvin and Donnelly, 2008) با بررسی واکنش ارقام سیب‌زمینی به تنش‌های محیطی (شوری، خشکی، گرما و سرما) نتیجه گرفتند که نشت الکترولیت‌ها معیار مناسبی برای ارزیابی گیاهان به تنش‌های محیطی می‌باشد و با افزایش میزان تنش‌های محیطی، میزان نشت الکترولیت گیاه سیب‌زمینی هم افزایش پیدا می‌کند.



شکل ٤- اثر آبیاری بر درصد ماده خشک (FC100%: ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد. FC 80%: ظرفیت زراعی ۸۰ درصد. FC 60%: ظرفیت زراعی ٦۰ درصد). (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 4- Effect of irrigation on tuber dry matter percentage (FC100%: 100% field capacity. FC 80%: 80% field capacity. FC 60%: 60% field capacity) (Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level)

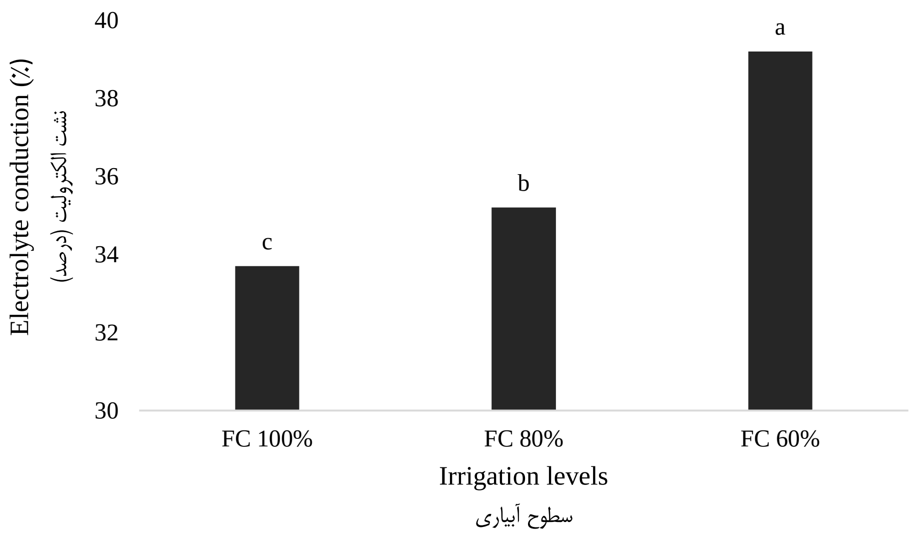
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مقدار و نوع سیستم آبیاری و کود پتاسیم بر برخی صفات سیب‌زمینی

Table 2- Analysis of variance for amount and type of irrigation system and Potassium fertilizer effects on some potato traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS) وزن غده Tuber weight	تعداد غده در بوته Number of tubers per plant	عملکرد غده Tuber yield	محتوای نسبی آب برگ Leaf RWC	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter	نشت الکترولیت Electrolyte conduction
تکرار Replication	2	0.001 ns	1.03 ns	36316960*	20.6 **	8.02 **	21.62 **
آبیاری (A) Irrigation	2	0.005 ns	31.86**	1080733814 **	40.87**	26.47**	92.89**
خطای اصلی Main error	4	0.02	1.86	2845234	2.56	0.45	1.98
سیستم آبیاری قطره‌ای (B) Drip irrigation system	1	0.001 ns	1.36 ns	59114741*	4.34 ns	1.99 ns	31.42 ns
کود شیمیایی پتاسیم (C) Potassium fertilizer	1	0.004 ns	0.25 ns	13935704 ns	2 ns	0.2 ns	1.56 ns
A × B	2	0.002 ns	0.36 ns	18994051 ns	0.55 ns	0.009 ns	1.03 ns
A ×C	2	0.002 ns	0.25 ns	1968485 ns	0.03 ns	0.2 ns	1.81 ns
B × C	1	0.0002 ns	0.69 ns	665584 ns	0.002 ns	0.002 ns	0.3 ns
A × B × C	2	0.001 ns	0.19 ns	424012 ns	0.02 ns	0.47 ns	0.49 ns
خطای فرعی Sub error	18	0.07	0.54	111025100	1.9	0.58	1.3
ضریب تغییرات CV (%)		2.9	14.7	8.	2.8	3.7	3.2

ns، * و ** : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively



شکل ۵- اثر آبیاری روی نشت الکترولیت (FC100%: ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد. FC 80%: ظرفیت زراعی ۸۰ درصد. FC 60%: ظرفیت زراعی ٦۰ درصد.). (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 5- Effect of irrigation on Electrolyte conduction (FC100%: 100% field capacity. FC 80%: 80% field capacity. FC 60%: 60% field capacity) (Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range (test at the 5% probability level

شاخص کلروفیل برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و سیستم آبیاری قطره‌ای برای شاخص کلروفیل در مرحله ۸۵ درصد سبز شدن در سطح یک درصد و مرحله قبل از گلدهی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل سه‌گانه (آبیاری، سیستم آبیاری قطره‌ای و کود شیمیایی پتاسیم) برای شاخص کلروفیل در مرحله قبل از غده‌زایی و مرحله ۵۰ درصد گلدهی در سطح ۵ درصد و برای شاخص کلروفیل در مرحله آغاز غده‌زایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین نشان داد بین سطوح مختلف آبیاری بیشترین شاخص کلروفیل در تمام پنج مرحله اندازه‌گیری در رژیم آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی حاصل شد و کمترین میزان آن‌ها در تیمار شاهد حاصل گردید (شکل ۶). همچنین مقایسه میانگین بین دو سیستم آبیاری قطره‌ای بیانگر آن بود که در تمام پنج مرحله اندازه‌گیری شاخص کلروفیل در سیستم آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ در عمق ۱۵ سانتی‌متری به‌طور معنی‌داری بیشتر از نوار تیپ در عمق ۷/۵ سانتی‌متری لایه خاک بود (شکل ۷). کود شیمیایی پتاسیم تا قبل از مرحله آغاز غده‌زایی بر شاخص کلروفیل تاثیر معنی‌داری نداشت.

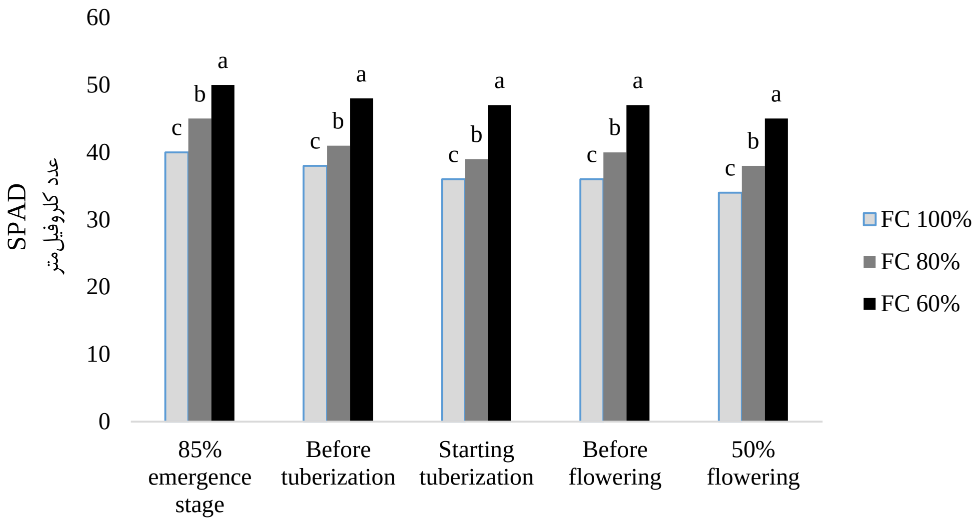
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مقدار و نوع سیستم آبیاری و کود پتاسیم بر کلروفیل برگ در مراحل رشدی مختلف

Table 3- Analysis of variance for amount and type of irrigation system and Potassium fertilizer effects on leaf chlorophyll in different growth stages

		میانگین مربعات (MS)				
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی (d.f)	کلروفیل در مرحله ۸۵ درصد سبز شدن Chlorophyll in the 85% emergence stage	کلروفیل در مرحله قبل از غده‌زایی Chlorophyll in before tuberization stage	کلروفیل در مرحله آغاز غده-زایی Chlorophyll in starting tuberization stage	کلروفیل در مرحله قبل از گلدهی Chlorophyll in before flowering stage	کلروفیل در مرحله ۵۰ درصد گلدهی Chlorophyll in the 50% flowering
تکرار Replication	2	5.21 ns	26.75 **	14.94 *	9.37 **	4.71 *
آبیاری (A) Irrigation	2	327.46**	289.46**	258.6**	216.64**	222.39**
خطای اصلی Main error	4	4.7	0.69	2.52	2.78	1.35
سیستم آبیاری قطره‌ای (B) Drip irrigation System	1	122.5**	110.25**	184.51**	95.39**	112**
کود شیمیایی پتاسیم (C) Potassium fertilizer	1	0.03ns	7.47 ns	23.85*	10.67*	20.4**
A × B	2	21.64 **	9.23 *	2.38 ns	9.2 *	7.63 **
A ×C	2	6.11 ns	2.44 ns	8.9 ns	2.49 ns	10.26 **
B × C	1	1.69 ns	18.49**	33.83**	5.29 ns	7.2*
A × B × C	2	6 ns	9.27*	37.74**	4.73 ns	5.34*
خطای فرعی Sub error	15	2.81	1.93	4.3	1.81	1.26
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.6	3.1	4.7	3.1	2.7

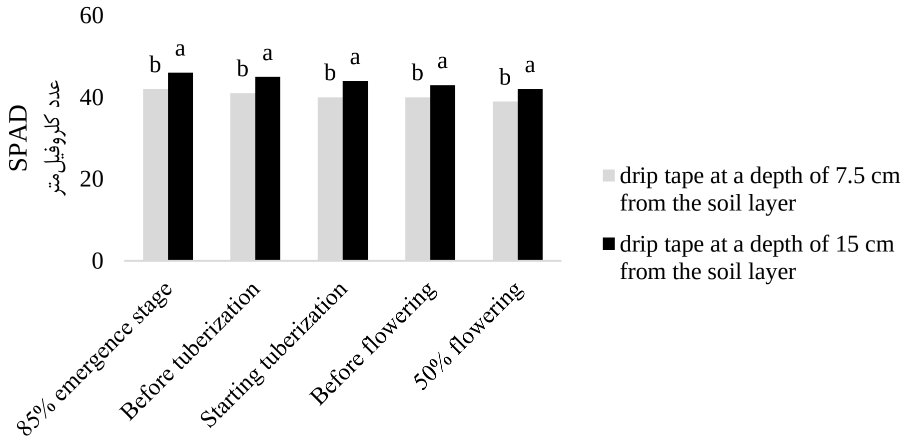
ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively



شکل ٦- اثر آبیاری بر کلروفیل برگ. (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

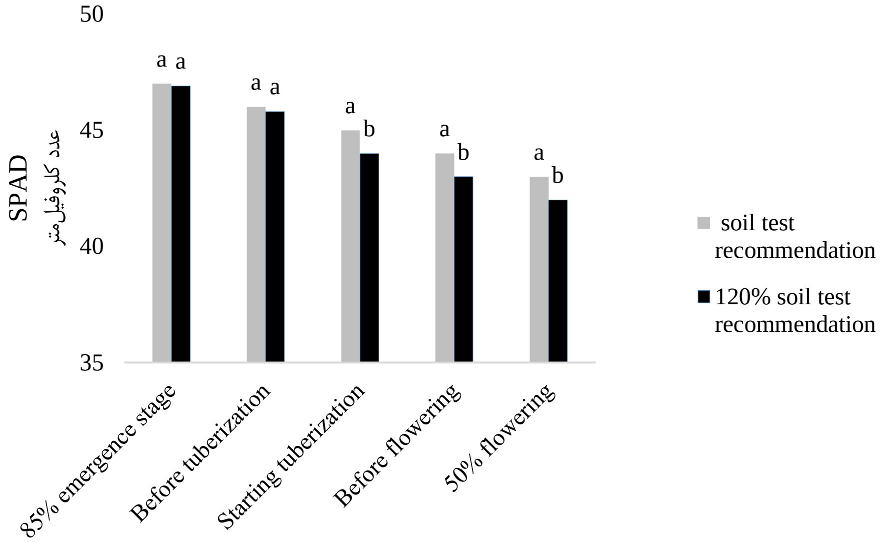
Figure 6- Effect of irrigation on leaf chlorophyll(Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level)



شکل ۷- اثر سیستم آبیاری قطره‌ای بر کلروفیل برگ. (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 7- Effect of Drip irrigation system on leaf chlorophyll (Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level)

اما از این مرحله به بعد با افزایش مصرف پتاسیم تا مقدار ۱۲۰ درصد مقدار توصیه شده آزمون خاک (۶۰ کیلوگرم در هکتار) شاخص کلروفیل کاهش یافت (شکل ۸). در این آزمایش کاهش حجم آبیاری باعث شد تا مقدار شاخص کلروفیل افزایش یابد. در واقع در تیمارهایی که نیاز آبی سیب‌زمینی کمتر از ۱۰۰ درصد تامین شد، افزایش شاخص کلروفیل متر می‌تواند به دلیل تغلیظ کلروپلاست درون سلول‌های گیاهی و یا به عبارتی تیره شدن رنگ برگ در مقایسه با رژیم آبیاری تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه باشد (Eskandari *et al.*, 2011). اسکندری و همکاران (Eskandari *et al.*, 2011) بیان کرد که کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند از طریق کاهش جذب تشعشع خورشیدی باعث جلوگیری از تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن شده و در نتیجه کاهش خسارت به سیستم فتوسنتزی را در پی داشته باشد، زیرا غلظت بالای کلروفیل در واحد سطح برگ یک منبع بالقوه برای تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد. خزاعی (Khazaei, 2003) نیز بیان کرد که تنش خشکی در کل فصل رشد موجب افزایش غلظت کلروفیل نسبت به تیمار آبیاری کامل در گندم شد.



شکل ۸- اثر کود شیمیایی پتاسیم بر کلروفیل برگ. (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند)

Figure 8- Effect of Potassium fertilizer on leaf chlorophyll(Columns with at least one common letter do not differ significantly (from Duncan's multiple range test at the 5% probability level

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که میزان آبیاری بر اکثر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که بیشترین میزان تعداد غده در بوته، میانگین وزن غده‌ها و تعداد غده‌ها و محتوای نسبی آب برگ در تیمار شاهد یعنی تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی حاصل شد که در تعدادی از آن‌ها بین تیمار شاهد و تامین ۸۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین، درصد ماده خشک و نشت الکترولیت با کاهش آبیاری، افزایش یافت. به طوری‌که بیشترین میزان آن در تیمار تامین ۶۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی حاصل شد. در این آزمایش بین دو سیستم آبیاری قطره‌ای از نظر تعداد و میانگین وزن غده‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و میزان آن‌ها در تیمار نوار تیپ در عمق ۷/۵ سانتی‌متر بالاتر بود. به طوری‌که به‌ترتیب افزایش ۹/۳ و ۱۰/۲۵ درصدی در تعداد غده و میانگین وزن غده‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ در عمق ۷/۵ سانتی‌متر نسبت به نوار تیپ در عمق ۱۵ سانتی‌متر حاصل شد. همچنین، میزان کلروفیل در تمام پنج مرحله اندازه‌گیری شده در نوار تیپ در عمق ۱۵ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از نوار تیپ در عمق ۷/۵ سانتی‌متر بود. به‌علاوه، نتایج نشان داد که بین دو سطح کود شیمیایی پتاسیم از نظر اکثر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این بیانگر این مطلب است که مصرف کود بیشتر ضمن صرف هزینه بیشتر، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی نداشته و مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک برای رسیدن به عملکرد مطلوب مناسب است.

References

1. Abdul Hannan, A., Arif, M., Ranjha, A. M., Abid, A., Fan, X. H., and Li. Y. C. 2011. Using soil potassium adsorption and yield response models to determine potassium fertilizer rates for potato crop on a calcareous soil in Pakistan. Communications in Soil Science and Plant Analysis 42 (6): 645-655. https://doi.org/10.1080/00103624.2011.550378.
2. Abedi, T., and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46 (1): 27-34.
3. Agricultural Statistics. 2018. (in Persian).
4. Akhavan, S., Mosavi, S. F., Mostafazadeh Fard, B., and Ghadami Firoozabadi, A. 2007. Investigation of type and furrow irrigation in terms of yield and water use efficiency in potato farming. Agricultural Science and Technology and Natural Resources 11 (41): 15-26. (in Persian).

5. Arvin, M. J., and Donnelly, D. J. 2008. Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay. Journal of Agriculture Science Technology 10: 33-42.
6. Baghani, J., Alizadeh, A., and Faridhosseini, A. 2012. The Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation on Quantity and Quality Potato. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 3 (6): 238-244. (in Persian).
7. Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant Soil 3-24. https://doi.org/10.1023/A:1021194511492.
8. Cakmak, I. 2005. K alleviates detrimental effects of abiotic stresses in plants Journal of Plant Nutrition. 168: 521-530. https://doi.org/10.1002/jpln.200420485.
9. Camp, C. R., Lamm, F. R., Evans, R. G., and Phene, C. J. 2000; Subsurface drip irrigation Past, Present and Future. Proceedingof the 4th Decennial.
10. Coleman, W. K. 2008. Evaluation of wild solanum for drought resistance 1.Solanum gandarillasii Cardenas
11. Decov, I., Tsonev, T., and Yordanov, I. 2000. Effects of water stress and hightemperature stress on the structure and activity of photosynthetic apparatus of *Zea mays* and *Helianthus annuus*. Photosynthetica 38: 361-366. https://doi.org/10.1023/A:1010961218145.
12. Eskandari, A., Khazaei, H., Nezami, A., Kafi, M., and Majdabadi, A. 2011. The effect of irrigation regime on physiological characteristics, yield and potato water use efficiency in Mashhad weather conditions. Journal of Horticultural Science 25 (2): 201-210. (in Persian).
13. Food and Agriculture Organization. 2017. https://www.fao.org/home/en.
14. Ghadami Firozabadi, A., and Parvizi, Kh. 2009. Effect of low irrigation on yield and water use efficiency of new potato clones in strip drip irrigation (type). Journal of Water in Agriculture 4 (2): 133-144. (in Persian).
15. Hagman J. E., and Martenssen, A. 2009. Cultivation practices and potato cultivars suitable for organic potato production. Potato Research (in Persian .)
16. Hossaeini, S. M., and Amini, Z. 2013. Effect of potassium sulfate on potato stomatal resistance in Fars province. Journal of Water in Agriculture 28 (2): 365-373. (in Persian).
17. Jafarzadeh, L., Omidi, H., and Bostani, A. A. 2014. The study of drought stress and bio fertilizer of nitrogen on some biochemical traits of Marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). Journal of Plant Research 27 (2): 180-192. (in Persian).
18. Kamkar, B., Daneshmand, A. R., Ghooshchi, F., Shiranirad, A. H., and Safahani Langeroudi A. R. 2011. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. Agricultural Water Management 1-8. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.01.009.
19. Khazaei, H. R. 2003. The effect of drought stress on yield and physiological characteristics of wheat resistant and sensitive cultivars and introducing the most appropriate drought resistance indices, Ph.D. in Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
20. Khosravifar, S., Yarnia, M., Khorshidi Benam, M. B., and Hosseinzadeh Moghbeli, A. H. 2008. Effect of potassium on drought tolerance in potato cv. Agria. Proceedings of the10th Congress of Agronomy and Plant Breeding. Iran. Pp: 358. (in Persian).
21. Moon, K., Lim, H. H. C., and Hyun, H. N. 2006. Water use efficiency of potato between sprinkler and drip irrigation systems under field condition 18th World Congress of Soil Science. July 9-15, Philadel phia, Penncylvania, USA.
22. Motalebi Fard, R., Najafi, N. A., Ostan, Sh., Naeishabori, M., and Valizadeh, M. 2014. Effect of soil moisture, phosphorus and zinc on growth characteristics of potato under greenhouse conditions. Iranian Soil and Water Research (Iranian Agricultural Science) 41 (1): 75-86. (in Persian).
23. Nayyar, H., and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany. 58: 106-113. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.06.021.
24. Ngouajio, M., Wang, G., and Goldy, R. 2007. Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. Agricultural Water Management 87: 285-291. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.07.007.
25. Oron, G. D., Campos, C., Gillerman, L. and Salgot, M. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agriculturalirrigation in small communities. Agricultural Water Management 38: 223-234. https://doi.org/10.1016/S0378-3774(98)00066-3.
26. Patel, N., and Rajput, T. B. S. 2007. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. Agricultural Water Management 88 (1-3): 209-223. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.10.017.
27. Sairam, R. K., Rao, K. V., and Srivastava, G. C. 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science 163. 1037-1046. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9.

28. Shaw, B., Thomas, T. H., and Cooke, D. T. 2002. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. Plant Growth Regulation. 37: 77-83. https://doi.org/10.1023/A:1020381513976.
29. Shock, C. C., and Feibert E. B. G. 2002. Deficit irrigation on potato. In Deficit irrigation practices. FAO. Rome. pp: 47-56.
30. Shock, C. C. 2004. Efficient irrigation scheduling. Malheur Experiment Station, Oregon StateUniversity, Oregon, USA.
31. Stengrobe, B., and N. Claassen. 2000. Potassium dynamics in the rhizosphere and K efficiency of crops. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163: 101-118. https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-2624(200002)163:1<101::AID-JPLN101>3.0.CO;2-J.
32. Tolga, E., Yesim, E., and Hakan, O. 2005. Water Yield relationship of potato under different irrigation methods and regimens, University of Trakya, Dept of farm, Structures and Irrigation. http://terdem. Tu. Tz. Edu. Tr.